

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-341185

(43)Date of publication of application : 24.12.1993

(51)Int.Cl.

G02B 13/18  
G02B 9/04

(21)Application number : 04-156218

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 25.05.1992

(72)Inventor : YOKOTA AKIRA

MORI TAKAO

OGASAWARA SHIYUUICHIROU

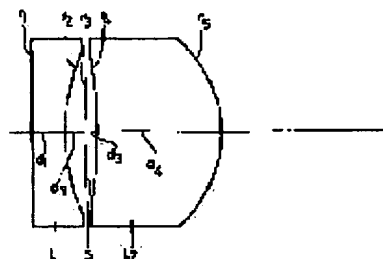
## (54) OBJECTIVE OPTICAL SYSTEM FOR ENDOSCOPE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To reduce the number of component lenses and correct the curvature of field well by constituting an optical system of a first group consisting of unit negative lens and a second group consisting of unit positive lenses, the first and second groups being disposed on the object side and image side of a diaphragm, respectively.

**CONSTITUTION:** A first group L1 consisting of unit negative lenses and a second group L2 consisting of unit positive lenses are disposed on the object side and image side of a diaphragm S, respectively.

Compactness can then be ensured. Since the front group located on the object side has negative power and the rear group located on the image side has positive power, the focal distances of the first L1 and second L2 groups are made to balance each other so as to reduce the Petzval's sum to keep the curvature of field good. This constitution provides a relatively long back focus. When an image pickup element larger than the diameter of the lens is disposed as a light receiving portion in parallel to the longitudinal direction of the end portion of an endoscope, the optical system and a solid image pickup portion do not interfere with each other even with either a mirror or a prism disposed behind the second group L2 to refract the optical axis by 90 degrees.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	22.09.1998
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3140841
[Date of registration]	15.12.2000
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-341185

(43)公開日 平成5年(1993)12月24日

(51)IntCl. <sup>3</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 13/18		8106-2K		
9/04		8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 16 頁)

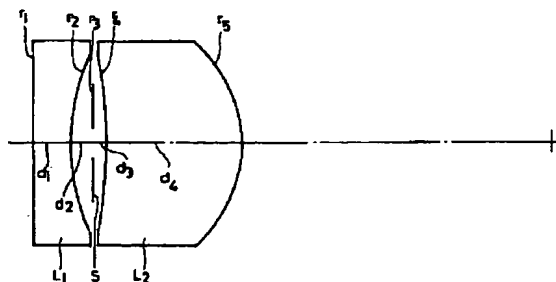
(21)出願番号	特願平4-156218	(71)出願人	000000376 オリンパス光学工業株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(22)出願日	平成4年(1992)5月25日	(72)発明者	横田 朗 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ ンパス光学工業株式会社内
		(72)発明者	森 孝夫 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ ンパス光学工業株式会社内
		(72)発明者	小笠原 秋一郎 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ ンパス光学工業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 向 寛二

(54)【発明の名称】 内視鏡用対物光学系

(57)【要約】

【目的】 本発明はコンパクトで構成枚数が少なくしかも像面湾曲が良好に補正された内視鏡用対物光学系を提供することを目的とする。

【構成】 本発明の内視鏡用対物光学系は、絞りを挟んで、物体側の単体の負レンズからなる第1群と像側の単体の正レンズからなる第2群とにて構成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 絞りを挟んで、物体に配置された単体の負レンズからなる第1群と、像側に配置された単体の正レンズからなる第2群とにて構成された内視鏡用対物光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、比較的画素数の少ない外径も小さい内視鏡に用いる対物光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 内視鏡用対物光学系は、ファイバー束やCCD等の撮像部の高画素化が進むにつれて、諸収差を良好に補正するために構成レンズ枚数が通常3枚以上である。しかし気管支や胆導、あるいは工業用の細径内視鏡、更には廉価版内視鏡等の比較的画素数の少ない内視鏡では、特開昭56-25709号公報に開示されているレンズ系のように構成レンズ枚数が2枚のものが知られている。しかしこのタイプのレンズ系は、像面湾曲を補正出来ず、周辺画質が劣化する。

【0003】 一方、レトロフォーカス型対物光学系は、現在内視鏡対物光学系の主流となっているが、レンズ構成枚数が3枚以上と多い。又このレンズ系には色収差を補正するために接合レンズが用いられている。又レトロフォーカス型で簡単な構成の光学系として、例えば実開昭63-84109号公報の光学系がある。それは、物体側より順に物体側に凸面を向けたメニスカスレンズと明るさ絞りと正の屈折力を有するレンズから構成されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 この従来のレトロフォーカス型光学系は、物体側に凸面を有するメニスカスレンズを用いその焦点距離を $f_1$ を全系の焦点距離を $f$ としたとき $|f_1| > 10f$ を満足するような非常にパワーの小さなレンズにて収差の非対称性を除去している。しかしこの光学系はビデオカメラ用レンズであって内視鏡ではなく、又、内視鏡用対物レンズとして用いる場合の広角化や像面湾曲の補正等に関しては、この従来例の公報には開示されていない。

【0005】 本発明は、コンパクトで構成枚数の少ない光学系で、しかも像面湾曲が良好に補正された内視鏡用対物光学系を提供するものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の内視鏡用対物光学系は、例えば図1に示す通りのレンズ構成で、絞りSを挟んで物体側に単体の負レンズからなる第1群 $L_1$ と像側に単体の正レンズからなる第2群 $L_2$ を配置した構成である。

【0007】 このような構成の本発明の対物レンズは、収差補正上面数や面間隔、硝材数等の自由度が少ないた

め、高画素の撮像素子に対しては、十分な収差補正を行なうことが困難である。しかし光ファイバーバンドルにおいては2~3画素以内、CCDの場合読み出し方法等によっては、数画素以内に諸収差を抑えれば解像力で30本/mmレベルであれば、十分使用に耐え得る性能を確保出来る可能性がある。

【0008】 本発明では、コンパクト性を確保するために前述のように絞りSを挟んで物体側に負レンズを像側に正レンズを配置した。もし絞りを最も物体側に配置すると正レンズの外径が大になり、又絞りを最も像側に配置するとバックフォーカスが長くなりすぎて、いずれもコンパクトになし得ない。

【0009】 次に像面湾曲を小さく保つためには、次の条件(1)を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 0.3 < |f_2 / f_1| < 2$$

ただし $f_1$ 、 $f_2$ は夫々第1群 $L_1$ 、第2群 $L_2$ の焦点距離である。

【0010】 像面湾曲の判断に用いられるベッツパール和は、面のパワーを屈折率差で割ったものである。本発明は絞りの物体側の前群が負のパワー、像側の後群が正のパワーであるので、第1群 $L_1$ と第2群 $L_2$ の焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$ のバランスをとることによってベッツパール和を小にし像面湾曲を良好に保つことが出来る。条件(1)において $|f_2 / f_1|$ が0.3より小になると像高の高い所で像面が物体側に倒れ又 $|f_2 / f_1|$ が2よりも大になると像高の高い所で像面が物体側とは反対の側に倒れてしまう。

【0011】 更にコマ収差および非点収差を良好に補正するためには、次の条件(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad |r_4| > |r_s|$$

ただし、 $r_4$ 、 $r_s$ は夫々第2群の物体側の面および像側の面の曲率半径である。

【0012】 一般に主光線の屈折の大きい面を強いパワーにすると諸収差の発生が大になる。そのためすべての面が絞りに対してコンセントリックに近い面になることが望ましい。本発明のレンズ系の構成では、第2群の像側の凸面 $r_s$ が上記の条件を満足するようにし、この面に強いパワーを配置することが望ましい。もしも $|r_4| \leq |r_s|$ になると、明るさ絞りを通過した軸外光束の特に上側周縁光線が面 $r_4$ で急激に屈折し、コマ収差、非点収差が補正不足になる。

【0013】 更に、本発明では各群を単レンズ構成し、通常色収差を補正するために用いる接合レンズがないので、色収差を補正するために次の条件を満足することが望ましい。

$$(3) \quad \nu_1 > 40$$

$$(4) \quad \nu_2 > 40$$

ただし、 $\nu_1$ 、 $\nu_2$ は夫々第1群および第2群のアッベ数である。

【0014】 $\nu_1$ が条件(3)を満足しないと倍率の色収差が補正過剰になり、 $\nu_2$ が条件(4)を満足しないと倍率の色収差と軸上色収差が共に補正不足になる。

【0015】以上の各条件(1)～(4)と共にまたは上記条件とは別に第2群の像側の面に非球面を導入し、この非球面を下記の条件(5)を満足するようにすれば球面収差、コマ収差等を良好に補正することが出来る。尚非球面は、第2群の像側の面以外の面に用いても収差\*

$$x = \frac{y^2/r_1}{1 + \sqrt{1 - P_1(y/r_1)^2}} + B_1 y^2 + E_1 y^4 + F_1 y^6 + G_1 y^8 + \dots (a)$$

【0017】上記式(a)におけるx、yは図25に示すように光軸をx軸にとりその像の方向を正、光軸と垂直な方向をy軸にとったもので、面と光軸との交点を原点とした時の座標値である。また、 $r_1$ は2次曲面項における曲率半径、 $P_1$ は円錐定数、 $B_1$ 、 $E_1$ 、 $F_1$ 、 $G_1$ 、 $\dots$ は夫々2次、4次、6次、8次、 $\dots$ の非球面係数である。この式(a)は軸対称な面を表現するためには自由度が高く好適であるが、収差論的な説明には不向きであるため、作用の説明には下記の式(b)を用

20

※

$$\begin{aligned} r_1' &= r_1 / (1 + 2 B_1 r_1) \\ E_1' &= 0.125 \{ P_1 - (1 + 2 B_1 r_1)^2 \} / r_1^3 + E_1 \\ F_1' &= 0.0625 \{ P_1^2 - (1 + 2 B_1 r_1)^3 \} / r_1^5 + F_1 \\ G_1' &= 0.0390625 \{ P_1^3 - (1 + 2 B_1 r_1)^4 \} / r_1^7 + G_1 \\ H_1' &= 0.02734375 \{ P_1^4 - (1 + 2 B_1 r_1)^5 \} / r_1^9 + H_1 \\ I_1' &= 0.02050782 \{ P_1^5 - (1 + 2 B_1 r_1)^6 \} / r_1^{11} + I_1 \end{aligned}$$

式(c)【以下上記の各式をまとめて式(c)と呼ぶ】において各非球面係数式の右辺第1項が2次曲面項をテイラー展開して求めたものである。展開して求めた式は無級数となるため、有限次数の表現では近似になってしまうが、通常12次の係数までを含めておけば極めてよく近似できるためここでは12次までの計算式をのせるにとどめる。尚、式(a)において $P_1 = 1$ 、 $B_1 = 0$ であれば、変換の必要はなくなり $r_1' = r_1$ 、 $E_1' = E_1$ 、 $F_1' = F_1$ 、 $G_1' = G_1$ 、 $\dots$ となる。

【0019】前記の条件(5)は、非球面の形状を規定するもので、非球面により球面収差、コマ収差等を良好に補正するための条件である。非球面は、色収差と像面湾曲以外の収差補正に威力を発揮する。本発明では、★40

$$\Delta S A_1 = 8 h_1' \cdot E_1' (n_{1-1} - n_1) \quad (d)$$

$$\Delta C M_1 = 8 h_1' h_{0,1} \cdot E_1' (n_{1-1} - n_1) \quad (e)$$

$$\Delta A S_1 = 8 h_1' h_{0,1}^2 \cdot E_1' (n_{1-1} - n_1) \quad (f)$$

ただし $\Delta S A_1$ 、 $\Delta C M_1$ 、 $\Delta A S_1$ は夫々非球面の4次の係数 $E_1'$ で生じる球面収差、コマ収差、非点収差の3次収差係数、 $h_1$ は非球面における近軸マージナル光線高、 $h_{0,1}$ は非球面における近軸主光線高である。

【0020】式(d)、(e)、(f)から、収差の種類によって、 $h_1$ 、 $h_{0,1}$ の次数が異なるため非球面の配置の仕方により各収差への影響に違いが生ずる。本発明

\*補正にとって有効である。

$$(5) \quad E_1' (n_{1-1} - n_1) > 0$$

ただし $E_1'$ は上記非球面の4次の非球面係数、 $n_{1-1}$ 、 $n_1$ は夫々上記非球面の物体側および像側の媒質の屈折率である。

【0016】本発明の実施例では、非球面の表現に下記の式(a)を用いている。

$$\times x = \frac{y^2/r_1'}{1 + \sqrt{1 - (y/r_1')^2}} + E_1' y^4 + F_1' y^6 + G_1' y^8 + \dots (b)$$

【0018】上記式(b)で $r_1$ は非球面の基準球面(面頂において非球面に接する球面)の曲率半径、

$E_1'$ 、 $F_1'$ 、 $G_1'$ 、 $\dots$ は夫々変換後の4次、6次、8次、 $\dots$ の非球面係数である。又式(a)から式(b)への変換はテイラー展開を用いて行なうことができ、 $r_1'$ と12次までの低次の係数の変換式(c)を次に示す。

20

※

★レンズ枚数を減らした時に増大する残存収差を非球面の作用を用いて打ち消すようにした。そのためには、非球面を用いない時の対物レンズの残存収差の状況を知る必要がある。本発明の対物レンズのようにほぼテレセントリックなレンズ系で、接合レンズのような逆補正要因を含まない場合、一般には負の球面収差、負のコマ収差(内コマ)、負の非点収差(サジタル像面に対してメリジオナル像面が物体側に倒れる)が残存する。これらの残存収差を非球面により補正するためには、非球面でこれらの収差に対して正の収差を発生させればよい。前記の非球面の式の非球面係数 $E_1'$ と非球面にしたことにより生ずる3次の収差係数との関係は、次の式(d)、(e)、(f)で示される。

$$(d)$$

$$(e)$$

$$(f)$$

の内視鏡対物レンズの場合、近軸マージナル光線は、レンズ系中常に光軸に対し同じ側にあり、 $h_1$ は常に正である。一方近軸主光線は、絞りの中心で光軸を横切るので $h_{0,1}$ は絞りの前後で符号が反転し、絞りより前では負、絞りより後ろでは正である。この $h_1$ と $h_{0,1}$ の符号を用いて算出した $\Delta S A_1$ 、 $\Delta C M_1$ 、 $\Delta A S_1$ の符号がそのまま非球面で発生する収差の符号になる。前群

50

5

に非球面を設けて $\Delta AS_i$ を正にするためには $E_i'(n_{i-1} - n_i)$ を正にする必要がある。この時 $\Delta CM_i$ は負になってしまうため、残存コマ収差を非球面により一層悪化させることになり好ましくない。又後群に非球面を設ける場合、 $E_i'(n_{i-1} - n_i)$ が負であるとすれば $\Delta SA_i$ 、 $\Delta CM_i$ 、 $\Delta AS_i$ のいずれも正になり、非球面を設けない場合の残存収差を夫々非球面で打ち消すことが出来る。

【0021】以上のことから、本発明では、後群に非球面を設け、しかも条件(5)を満足するようにした。条件(5)を満足しないと、非球面の作用が収差を一層悪化させる方向に働くので好ましくない。

【0022】尚、後群中に配置する非球面は、高NA化の際に影響の大きい球面収差、コマ収差を効率良く補正するためには、マージナル光線高が相対的に高い面で、かつ収差の発生量の大きい正のパワーの強い面が適しており、第2群の像側の面が最も望ましい。

$$\Delta x(y) = E_1'y' + F_1'y^2 + G_1'y^3 + \dots \quad (g)$$

上記の式(g)において、yの次数はすべて偶数であるので、非球面係数の符号とその影響による $\Delta x(y)$ の変位の符号とは同じになる。そのため条件(5)の代りに下記の条件(7)にて規定することが可能である。

$$(7) \quad \Delta x(y) \{n_{i-1} - n_i\} > 0$$

上記の $\Delta x(y)$ は、光軸からの距離であるyの関数であるが、本発明の主目的である球面収差の補正のためには、マージナル光線(明るさ絞りの周辺を通る軸上物点からの光線)の非球面上での光線高を $h_u$ とすると、 $y \times$

\*【0023】更に、非球面を第2群の像側に用いる場合、この非球面の6次の係数 $F_1'$ が次の条件(6)を満足することが一層好ましい。

$$(6) \quad F_1'(n_{i-1} - n_i) > 0$$

前述のように第2群の像側の面のパワーを強くしているため3次収差のみでなく、球面で発生する5次の収差の影響も大になるので、5次の収差に影響を与える6次の非球面係数 $F_1'$ を上記条件(6)を満足するようにすれば、負の残存5次収差を非球面の正の5次収差と相殺して補正することが出来る。上記条件(6)を満足しないと5次収差の補正が困難になり好ましくない。

【0024】前記の条件(5)は、非球面係数の符号を規定したものであるが、非球面の近軸曲率半径を $r'$ とした時、基準面からの非球面の変移量 $\Delta x(y)$ を用いて代用してもよい。非球面の式(b)の第1項を除いたものが $\Delta x(y)$ になるので、 $\Delta x(y)$ は下記のように定義される。

※ $=h_u$ のところで、上記の条件(7)を満足する必要がある。そのため条件(5)の代りに下記の条件(8)を用いることも出来る。

$$(8) \quad \Delta x(h_u) \cdot \{n_{i-1} - n_i\} > 0$$

【0025】

【実施例】次に本発明の内視鏡用対物光学系の各実施例を示す。

実施例1

$$\begin{aligned} f &= 1.000, \quad F \text{ ナンバー} = 7.855, \quad \text{像高} = 0.7681, \quad \text{物体距離} = \infty, \quad 2\omega = 95^\circ \\ r_1 &= \infty, \quad d_1 = 0.1600, \quad n_1 = 1.51633, \quad \nu_1 = 64.15 \\ r_2 &= 1.0651, \quad d_2 = 0.0995 \\ r_3 &= \infty \text{ (絞り)}, \quad d_3 = 0.0555 \\ r_4 &= -2.6556, \quad d_4 = 0.6035, \quad n_2 = 1.88300, \quad \nu_2 = 40.78 \\ r_5 &= -0.6447 \\ f_1 &= -2.063, \quad f_2 = 0.8452, \quad |f_2/f_1| = 0.4097, \quad PS = 0.231 \end{aligned}$$

実施例2

$$\begin{aligned} f &= 1.000, \quad F \text{ ナンバー} = 9.206, \quad \text{像高} = 0.8203, \quad \text{物体距離} = \infty \\ 2\omega &= 103.9^\circ \\ r_1 &= \infty, \quad d_1 = 0.1245, \quad n_1 = 1.48749, \quad \nu_1 = 70.20 \\ r_2 &= 0.5962, \quad d_2 = 0.1444 \\ r_3 &= \infty \text{ (絞り)}, \quad d_3 = 0.0399 \\ r_4 &= -1.0447, \quad d_4 = 0.4290, \quad n_2 = 1.78650, \quad \nu_2 = 50.00 \\ r_5 &= -0.4557 \\ f_1 &= -1.223, \quad f_2 = 0.7781, \quad |f_2/f_1| = 0.636, \quad PS = -0.005 \end{aligned}$$

実施例3

$$\begin{aligned} f &= 1.000, \quad F \text{ ナンバー} = 8.902, \quad \text{像高} = 0.7727, \quad \text{物体距離} = \infty \\ 2\omega &= 94.1^\circ \\ r_1 &= 3.7962, \quad d_1 = 0.1179, \quad n_1 = 1.48749, \quad \nu_1 = 70.20 \\ r_2 &= 0.4925, \quad d_2 = 0.1085 \\ r_3 &= \infty \text{ (絞り)}, \quad d_3 = 0.0632 \\ r_4 &= -0.9842, \quad d_4 = 0.3758, \quad n_2 = 1.78650, \quad \nu_2 = 50.00 \end{aligned}$$

7

8

$$r_5 = -0.4293$$

$$f_1 = -1.174, f_2 = 0.7459, |f_2 / f_1| = 0.635, PS = -0.001$$

## 実施例4

$$f = 1.000, F \text{ ナンバー} = 4.712, \text{像高} = 0.8089, \text{物体距離} = -18.2004$$

$$2\omega = 99^\circ$$

$$r_1 = \infty \quad d_1 = 0.6067 \quad n_1 = 1.51633 \quad \nu_1 = 64.15$$

$$r_2 = 1.1486 \quad d_2 = 2.3460$$

$$r_3 = \infty \text{ (絞り)} \quad d_3 = 0.0000$$

$$r_4 = \infty \quad d_4 = 0.6936 \quad n_2 = 1.52000 \quad \nu_2 = 74.00$$

$$r_5 = -0.8104 \quad d_5 = 1.4965$$

$$r_6 = \infty \quad d_6 = 0.8089 \quad n_3 = 1.51633 \quad \nu_3 = 64.15$$

$$r_7 = \infty$$

$$f_1 = -2.225, f_2 = 1.558, |f_2 / f_1| = 0.7, PS = 0.126$$

## 実施例5

$$f = 1.000, F \text{ ナンバー} = 2.917, \text{像高} = 0.7628, \text{物体距離} = \infty$$

$$2\omega = 90^\circ$$

$$r_1 = \infty \quad d_1 = 0.4854 \quad n_1 = 1.51633 \quad \nu_1 = 64.15$$

$$r_2 = 0.6565 \quad d_2 = 0.2774$$

$$r_3 = \infty \text{ (絞り)} \quad d_3 = 0.3060$$

$$r_4 = 2.4894 \quad d_4 = 0.7628 \quad n_2 = 1.56384 \quad \nu_2 = 60.69$$

$$r_5 = -0.6511 \text{ (非球面)}$$

## 非球面係数

$$P_1 = -0.1510, B_1 = 0, E_1 = -0.10713, F_1 = 0.7320$$

$$5 \times 10^{-1}, G_1 = 0.15932$$

$$H_1 = 0, I_1 = 0$$

$$E_1' = 0.4141, F_1' = 0.5951, G_1' = 0.9495, H_1' = 1.$$

$$2996, I_1' = 2.3005$$

$$* f_1 = -1.272, f_2 = 1.003, |f_2 / f_1| = 0.789,$$

$$PS = 0.18$$

$$E_1' (n_{1-1} - n_1) \times f^3 = 0.2335, F_1' (n_{1-1} -$$

$$n_1) \times f^3 = 0.3355$$

$$\Delta x (h_u) \cdot \{n_{1-1} - n_1\} / f = 0.001861$$

## \* 実施例6

$$f = 1.000, F \text{ ナンバー} = 2.671, \text{像高} = 0.8393, \text{物体距離} = \infty$$

$$2\omega = 100^\circ$$

$$r_1 = \infty \quad d_1 = 0.5341 \quad n_1 = 1.51633 \quad \nu_1 = 64.15$$

$$r_2 = 0.6843 \quad d_2 = 0.3053$$

$$r_3 = \infty \text{ (絞り)} \quad d_3 = 0.3386$$

$$r_4 = 2.4023 \quad d_4 = 0.8393 \quad n_2 = 1.56384 \quad \nu_2 = 60.69$$

$$r_5 = -0.6835 \text{ (非球面)}$$

## 非球面係数

$$P_1 = -0.1510, B_1 = 0, E_1 = -0.60721 \times 10^{-1}, F_1 =$$

$$0.34347 \times 10^{-1},$$

$$G_1 = 0.13393, H_1 = 0, I_1 = 0$$

$$E_1' = 0.3899, F_1' = 0.4438, G_1' = 0.6964, H_1' = 0.$$

$$8394, I_1' = 1.3484$$

$$* f_1 = -1.325, f_2 = 1.046, |f_2 / f_1| = 0.789,$$

$$PS = 0.18$$

$$E_1' (n_{1-1} - n_1) \times f^3 = 0.2198, F_1' (n_{1-1} -$$

$$n_1) \times f^3 = 0.2502$$

$$\Delta x (h_u) \cdot \{n_{1-1} - n_1\} / f = 0.003138$$

## \* 40 実施例7

$$f = 1.000, F \text{ ナンバー} = 2.571, \text{像高} = 0.9759, \text{物体距離} = \infty$$

$$2\omega = 120^\circ$$

$$r_1 = \infty \quad d_1 = 0.6210 \quad n_1 = 1.51633 \quad \nu_1 = 64.15$$

$$r_2 = 0.7949 \quad d_2 = 0.5674$$

$$r_3 = \infty \text{ (絞り)} \quad d_3 = 0.3368$$

$$r_4 = 2.6326 \quad d_4 = 0.9557 \quad n_2 = 1.56384 \quad \nu_2 = 60.69$$

$$r_5 = -0.7648 \text{ (非球面)}$$

## 非球面係数

$$P_1 = -0.1493, B_1 = 0, E_1 = -0.19413 \times 10^{-1}, F_1 =$$

$$0.20523 \times 10^{-1}$$

$$G_1 = 0.60249 \times 10^{-1}, H_1 = 0, I_1 = 0$$

$$E_1' = 0.3017, F_1' = 0.2541, G_1' = 0.3163, H_1' = 0.$$

$$50 \quad 3053, I_1' = 0.3917$$





11

$f_1 = -1.495$ ,  $f_2 = 0.745$ ,  $|f_2 / f_1| = 0.498$ ,  
 $PS = 0.35$

$E_1' (n_{1-1} - n_1) \times f^3 = 1.9210$

\*

$f = 1.000$ , Fナンバー = 4.205, 像高 = 0.8150, 物体距離 =  $\infty$   
 $2\omega = 100^\circ$

$r_1 = \infty$   $d_1 = 0.1893$   $n_1 = 1.51633$   $\nu_1 = 64.15$

$r_2 = 1.4020$   $d_2 = 0.2561$

$r_3 = \infty$  (絞り)  $d_3 = 0.0137$

$r_4 = -2.0773$  (非球面)  $d_4 = 0.4722$   $n_2 = 1.56384$   $\nu_2 = 60.69$

$r_5 = -0.4401$

非球面係数

$P_1 = 1.0000$ ,  $B_1 = 0$ ,  $E_1 = -0.36629 \times 10$ ,  $F_1 = -0.60289 \times 10^2$

$G_1 = 0.10021 \times 10^4$ ,  $H_1 = 0$ ,  $I_1 = 0$

$f_1 = -2.715$ ,  $f_2 = 0.897$ ,  $|f_2 / f_1| = 0.33$ ,  $PS = 0.403$

$E_1' (n_{1-1} - n_1) \times f^3 = 2.0653$ ,  $F_1' (n_{1-1} - n_1) \times f^5 = 33.993$

$\Delta x (h_w) \cdot \{n_{1-1} - n_1\} / f = 0.000708$

ただし  $r_1, r_2, \dots$  はレンズ各面の曲率半径、 $d_1, d_2, \dots$  は各レンズの肉厚およびレンズ間隔、 $n_1, n_2, \dots$  は各レンズの屈折率、 $\nu_1, \nu_2, \dots$  は各レンズのアッペ数、 $PS$  はベッツパル和である。

【0026】実施例1乃至実施例3は、夫々図1乃至図3に示す構成で、いずれも比較的バックフォーカスが長い。したがって受光部としてレンズの径よりも大きい撮像素子を用いる場合に、撮像素子を内視鏡先端部の長手方向に対し平行な方向に向け配置する際に、第2群の後方にミラー乃至プリズムを配置して光軸を  $90^\circ$  屈折させても光学系と固体撮像素子とが干渉することがない。

【0027】これら実施例のうち、実施例1は画角が  $90^\circ$ 、実施例2は画角が  $103.9^\circ$ 、実施例3は画角が  $94.1^\circ$  である。又この実施例3は、第1群の物体側の面を物体側に凸面を向けてコマ収差、非点収差が一層良好に補正されるようにした。

【0028】実施例4は、図4に示す構成で、第1群の像側の凹面にYAGカットコートを施し、第2群を吸収型の赤外カットフィルターで構成し、固体撮像素子と組合せたもので、画角は  $100^\circ$  である。ビデオスコープの場合、固体撮像素子が可視光以外の赤外光にも感度を有するため、YAGレーザーの光を用いて治療を行なう場合、レーザー光で固体撮像素子が飽和しスミアやブルーミング等により被写体の観察が行ないにくくなる。そのため、レーザー光の波長の光を遮断するためのフィルターを光学系に設けることが必要となる。しかし干渉型のYAGカットフィルターを用いる場合、固体撮像素子等で反射したYAG光は、YAGカットフィルターで再度反射してフレアーを起すことがあり、吸収型の赤外カットフィルターも設ける必要がある。一方、YAGカットフィルターおよび赤外吸収フィルターを光学系

12

$\Delta x (h_w) \cdot \{n_{1-1} - n_1\} / f = 0.000173$   
 実施例12

内に挿入すると、光学系の全長が長くなり好ましくない。また、干渉型のYAGカットフィルターは、光線の入射角が大きになると赤外域での透過率が急激に高くなる。そのため、干渉型のYAGカットフィルターを用いた場合、赤外域の光を遮断することが出来なくなる。又吸収型の赤外カットフィルターは、フィルターを通過する光線に光路差があると色むらを発生させる。

【0029】これらの理由と光学系の全長を短くするためとから、この実施例では、YAGカットコートを、第1群の凹レンズに施し、YAG光を効果的に遮断すると共に、第2群を吸収型の赤外カットフィルターにて構成し、これを絞りの直後に配置することによって色むらを発生させないようにした。

【0030】実施例5乃至実施例9は夫々図5乃至図9に示すもので、第2群の像側の面を非球面にしたものである。実施例5は画角が  $90^\circ$ 、実施例6は画角が  $100^\circ$ 、実施例7、8、9はいずれも画角が  $120^\circ$  である。そのうち実施例8は、第1群の加工性を向上させるために硝材の屈折率を高くし凹面の曲率半径を大にしている。又実施例9は、第1群の物体側の面を凸面にし、コマ収差および非点収差が一層良好に補正されるようにしている。これら実施例をビデオスコープに用いる場合は、第2群と固体撮像素子との間に赤外カットフィルターおよびYAGカットフィルターを配置すればよい。

【0031】実施例10は、図10に示す構成で、第1群の物体側の面を非球面にして主として非点収差を補正し、更に球面収差、コマ収差を良好に補正した例である。この実施例では、非球面を絞りよりも前に配置したので、式(d), (e), (f)における  $\Delta SA_1$ ,  $\Delta AS_1$  が正になり、したがってこの非球面にて球面収差と非点収差を補正出来る。しかし  $\Delta CM_1$  が負になるために、コマ収差は非球面により悪くなる。しかし軸外主光線が第2群の像側の面にはば垂直になるよう、第2群を構成することによって、この第2群で発生する負のコマ収差を小さく抑え、又第1群の像側の面で発生する正のコマ収差により前記の第1群の物体側の非球面で発生する負のコマ収差を相殺して、光学系全体として負のコマ収差が補正されるようにしてある。

【0032】実施例11は、図11に示すもので、第1

群の像側の面を非球面にして主として球面収差を補正し、又非点収差、コマ収差も良好に補正している。この実施例も、非球面を絞りよりも前に配置したために、実施例10と同様にこの非球面によりコマ収差を悪化させることになる。しかし、第2群の像側の面を軸外主光線がその面とほぼ垂直に交わるように第2群を構成することによって、第2群で発生する負のコマ収差を小さくおさえ、又第1群の像側の面の非球面の作用により発生する負のコマ収差をその面の球面の作用により発生する正のコマ収差で相殺させて全体として負のコマ収差が良好に補正されるようにした。

【0033】実施例12は、図12に示す通りで第2群の物体側の面を非球面にして主として球面収差を補正し、又コマ収差、非点収差についても良好に補正している。この実施例は、絞りより後ろに非球面を配置して球面収差を良好に補正するようにしたが、球面収差を良好に補正するとコマ収差が補正過剰になる。このコマ収差が補正過剰になるのを防ぐために非球面と絞りとの間隔を極力小さくして球面収差と同時にコマ収差も良好に補正されるようにした。このように非球面を絞り直後に配置した場合、非球面での非点収差の補正はほとんど出来なくなる。しかし第1群の像側の面で正の非点収差を発生させれば、第2群で発生する負の非点収差を相殺させることができるので、これによって全体の非点収差が良好に補正されるようにしている。

【0034】

【発明の効果】本発明の内視鏡対物光学系は、少ない構成枚数で像面湾曲および他の収差が良好に補正されてい\*

＊る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の断面図

【図2】本発明の実施例2の断面図

【図3】本発明の実施例3の断面図

【図4】本発明の実施例4の断面図

【図5】本発明の実施例5の断面図

【図6】本発明の実施例6の断面図

【図7】本発明の実施例7の断面図

10 【図8】本発明の実施例8の断面図

【図9】本発明の実施例9の断面図

【図10】本発明の実施例10の断面図

【図11】本発明の実施例11の断面図

【図12】本発明の実施例12の断面図

【図13】本発明の実施例1の収差曲線図

【図14】本発明の実施例2の収差曲線図

【図15】本発明の実施例3の収差曲線図

【図16】本発明の実施例4の収差曲線図

【図17】本発明の実施例5の収差曲線図

20 【図18】本発明の実施例6の収差曲線図

【図19】本発明の実施例7の収差曲線図

【図20】本発明の実施例8の収差曲線図

【図21】本発明の実施例9の収差曲線図

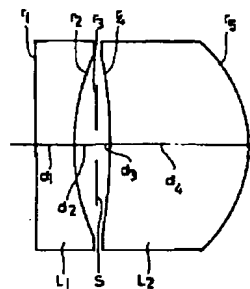
【図22】本発明の実施例10の収差曲線図

【図23】本発明の実施例11の収差曲線図

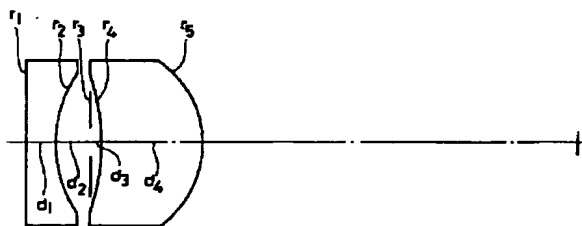
【図24】本発明の実施例12の収差曲線図

【図25】本発明の実施例で用いている非球面を表わす式の座標系の図

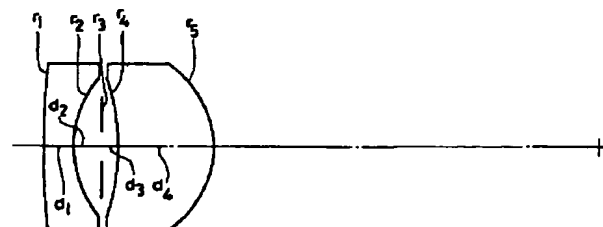
【図1】



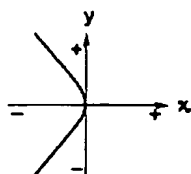
【図2】



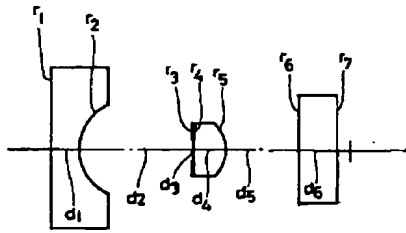
【図3】



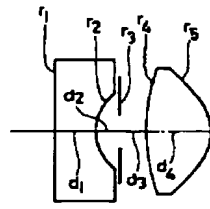
【図25】



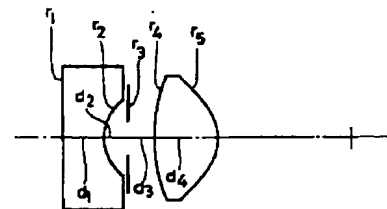
【図4】



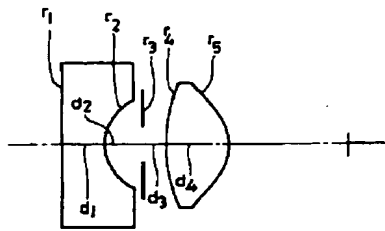
【図5】



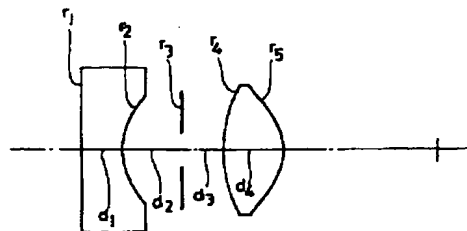
【図6】



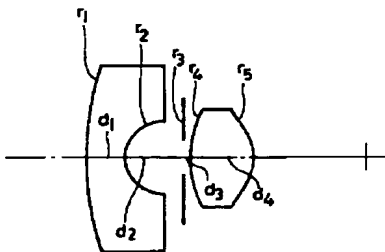
【図7】



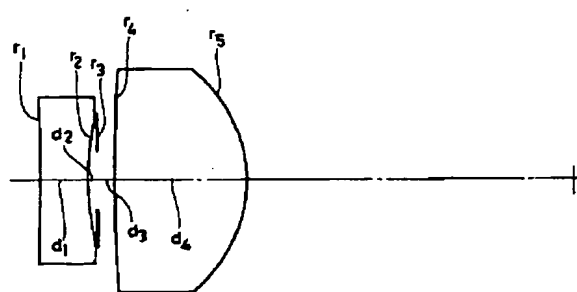
【図8】



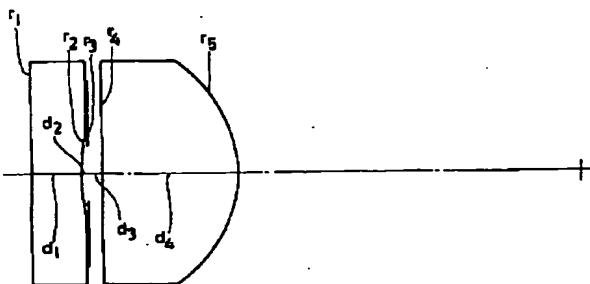
【図9】



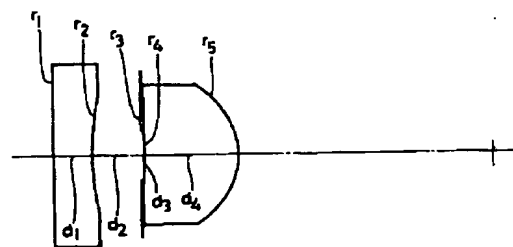
【図10】



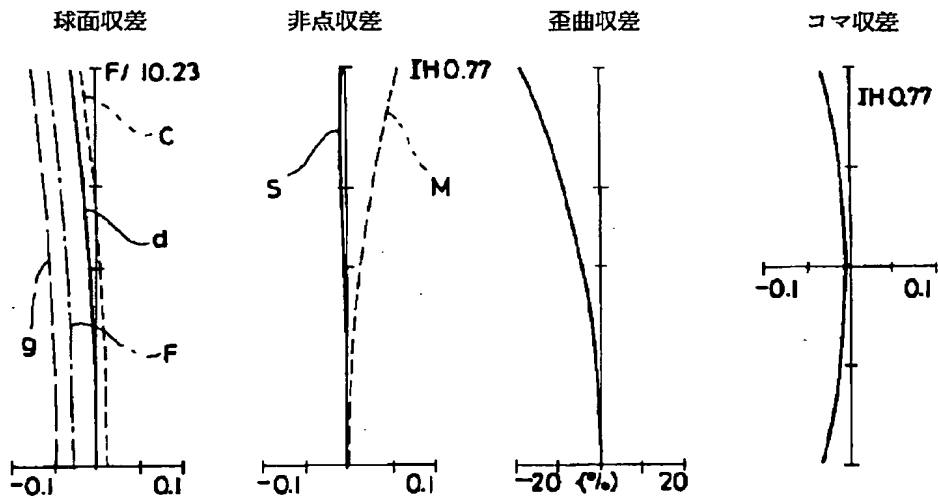
【図11】



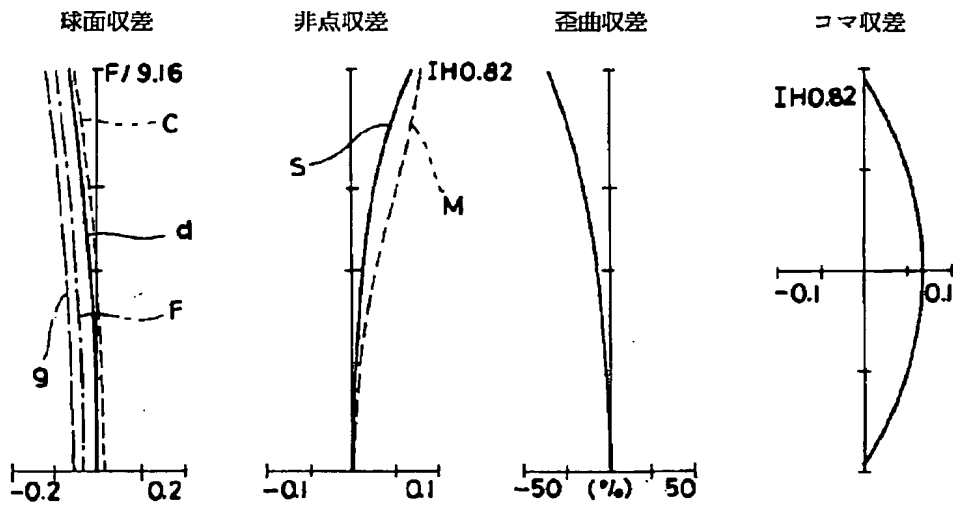
【図12】



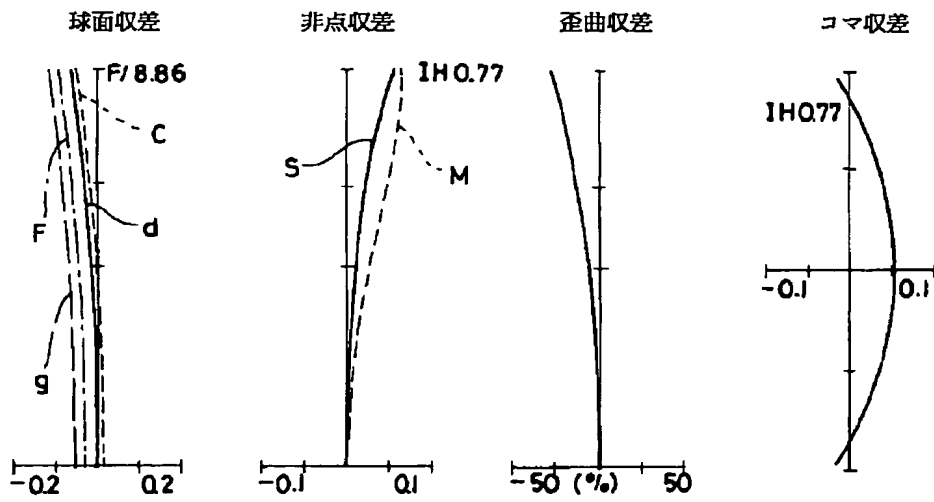
【図13】



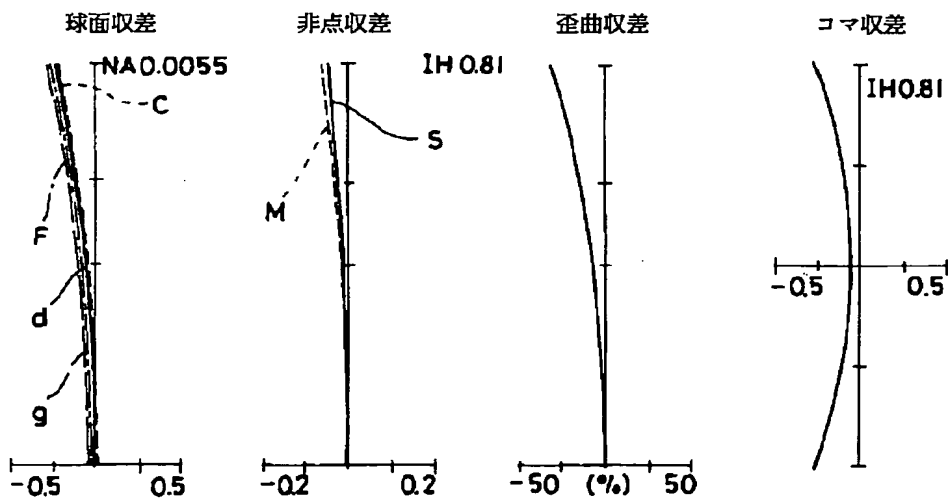
【図14】



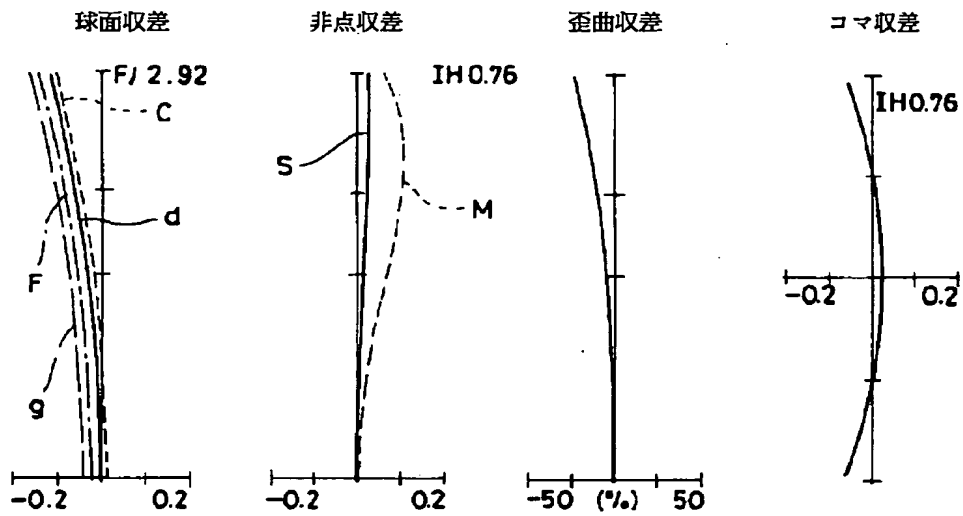
【図15】



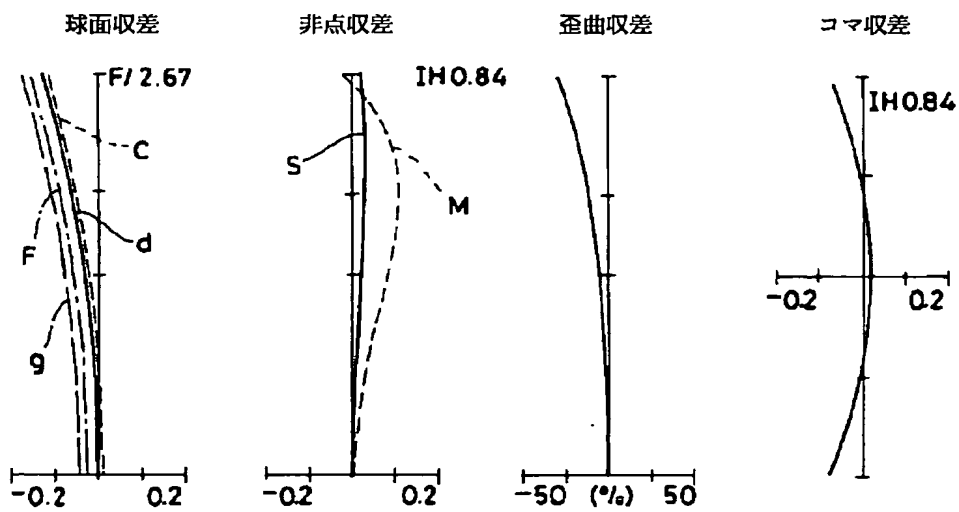
【図16】



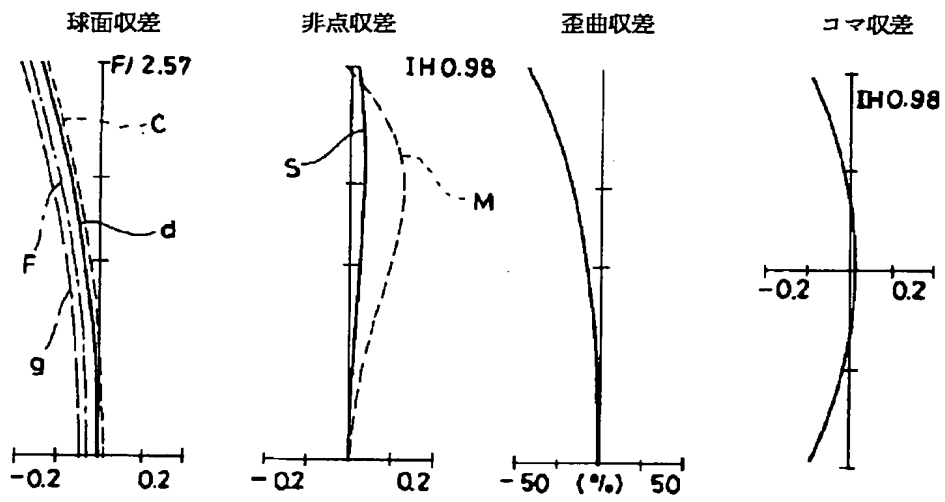
【図17】



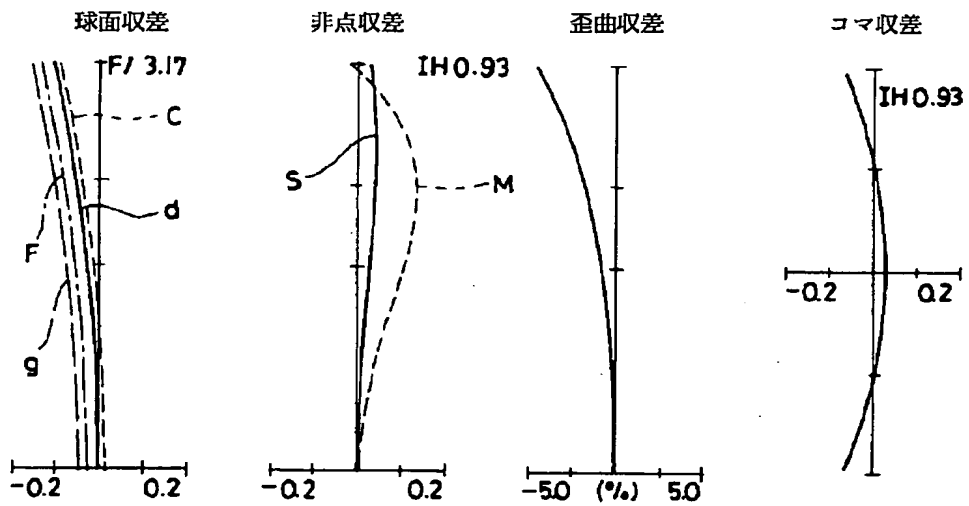
【図18】



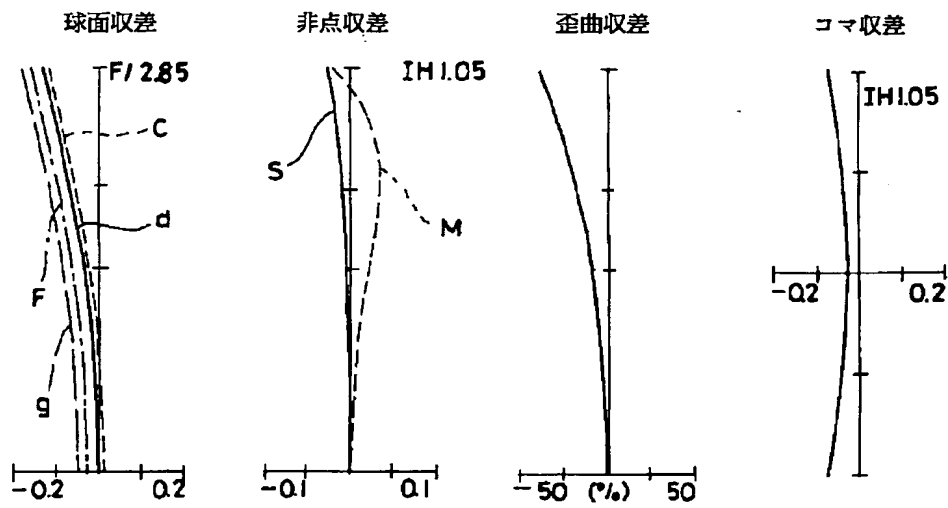
【図19】



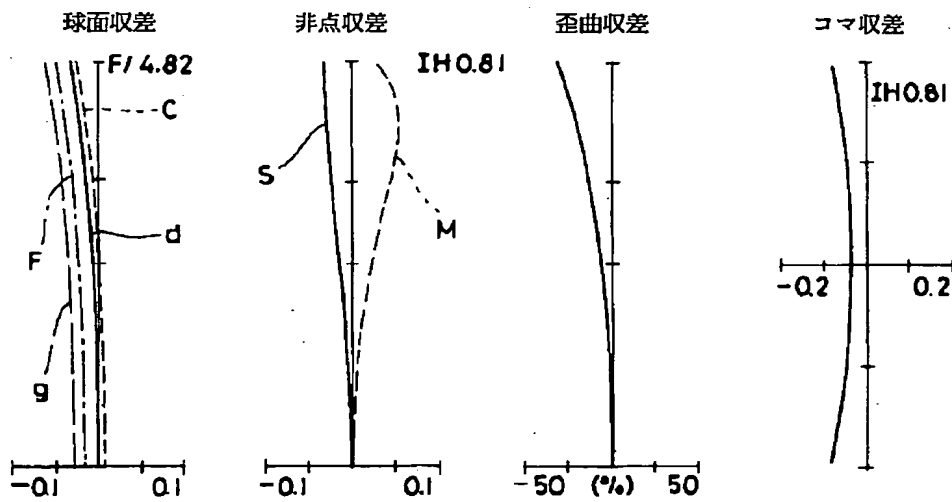
【図20】



【図21】

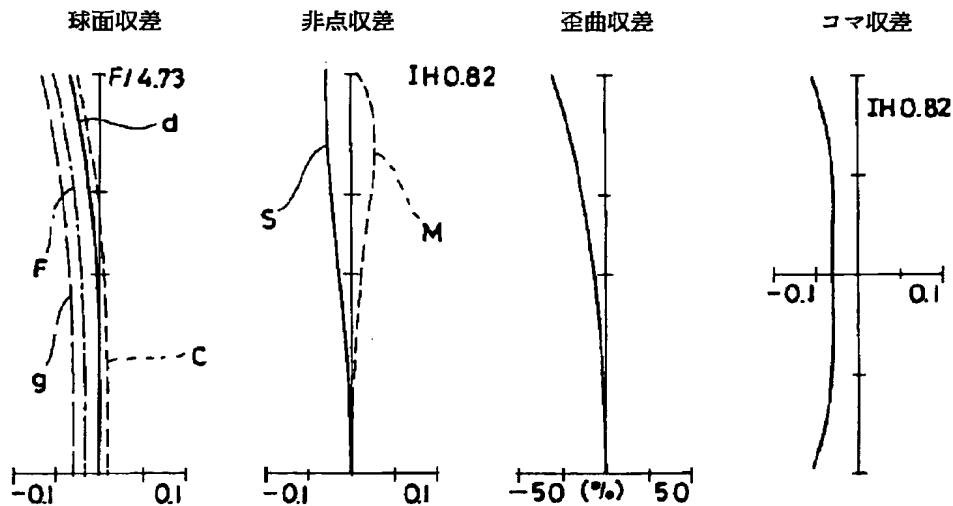


【図22】

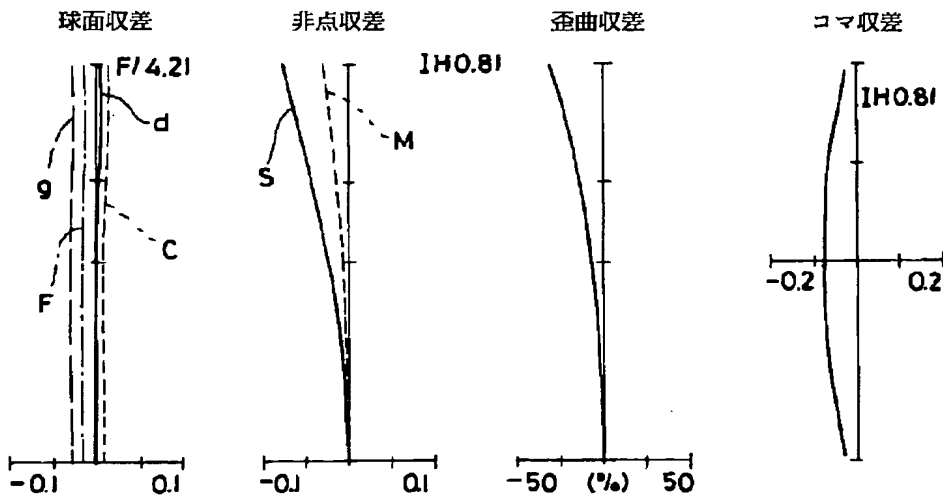




【図23】



【図24】



## 【手続補正書】

【提出日】平成5年7月5日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】絞りを挟んで、物体側に配置された単体の負レンズからなる第1群と、像側に配置された単体の正レンズからなる第2群とにて構成された内視鏡用対物光学系。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】内視鏡用対物光学系は、ファイバー束やCCD等の撮像部の高画素化が進むにつれて、諸収差を良好に補正するために構成レンズ枚数が通常3枚以上である。しかし気管支や胆道、あるいは工業用の細径内視

鏡、更には廉価版内視鏡等の比較的画素数の少ない内視鏡では、特開昭56-25709号公報に開示されているレンズ系のように構成レンズ枚数が2枚のものが知ら

れている。しかしこのタイプのレンズ系は、像面湾曲を補正出来ず、周辺画質が劣化する。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第6部門第2区分  
 【発行日】平成11年(1999)9月17日

【公開番号】特開平5-341185  
 【公開日】平成5年(1993)12月24日  
 【年通号数】公開特許公報5-3412  
 【出願番号】特願平4-156218  
 【国際特許分類第6版】

G02B 13/18  
 9/04

【F I】

G02B 13/18  
 9/04

【手続補正書】

【提出日】平成5年7月5日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】絞りを挟んで、物体側に配置された単体の負レンズからなる第1群と、像側に配置された単体の正レンズからなる第2群とにて構成された内視鏡用対物光学系。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

\*【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】内視鏡用対物光学系は、ファイバー束やCCD等の撮像部の高画素化が進むにつれて、諸収差を良好に補正するために構成レンズ枚数が通常3枚以上である。しかし気管支や胆道、あるいは工業用の細径内視鏡、更には廉価版内視鏡等の比較的画素数の少ない内視鏡では、特開昭56-25709号公報に開示されているレンズ系のように構成レンズ枚数が2枚のものが知られている。しかしこのタイプのレンズ系は、像面湾曲を補正出来ず、周辺画質が劣化する。

\*

【手続補正書】

【提出日】平成10年9月22日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】絞りを挟んで、物体側に配置された単体の負レンズからなる第1群と、像側に配置された単体の正レンズからなる第2群とにて構成され、以下の条件

(1) を満足する内視鏡用対物光学系。

(1)  $0.3 < |f_2 / f_1| < 2$

ただし $f_1$ 、 $f_2$ は夫々前記第1群、第2群の焦点距離である。

【請求項2】更に以下の条件(2)、(3)、(4)を満足する請求項1の内視鏡用対物光学系。

(2)  $|r_4| > |r_5|$

(3)  $\nu_1 > 40$

(4)  $\nu_2 > 40$

ただし、 $r_4$ 、 $r_5$ は夫々第2群の物体側の面および像側の面の曲率半径、 $\nu_1$ 、 $\nu_2$ は夫々前記第1群および前記第2群の阿ッベ数である。

【請求項3】絞りを挟んで、物体に配置された単体の負レンズからなる第1群と、像側に配置された単体の正レンズからなる第2群とにて構成され、前記第1群あるいは前記第2群の少なくとも1面に非球面を設け、該非球面は以下の条件(5)を満足する内視鏡用対物光学系。

(5)  $E_1'(n_{i-1} - n_i) > 0$

ただし $E_1'$ は上記非球面の4次の非球面係数、 $n_{i-1}$ 、 $n_i$ は夫々上記非球面の物体側および像側の媒質の屈折率である。

【請求項4】前記第2群の後方にミラー乃至プリズムを配置したことを特徴とする請求項1乃至請求項3の内視鏡用対物光学系。

【請求項5】前記第1群の像側面にYAGカットコートを施し、前記第2群を吸収型の赤外カットフィルターに

て構成したことを特徴とする請求項1乃至請求項3の内視鏡用対物光学系。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】更に、本発明では各群を単レンズにて構成し、通常色収差を補正するために用いる接合レンズがないので、色収差を補正するために次の条件を満足することが望ましい。

$$(3) \quad \nu_1 > 40$$

$$(4) \quad \nu_2 > 40$$

ただし、 $\nu_1$ 、 $\nu_2$ は夫々第1群および第2群の阿ベ数である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】式(d)、(e)、(f)から、収差の種類によって、 $h_i$ 、 $h_{o,i}$ の次数が異なるため非球面の配置の仕方により各収差への影響に違いが生ずる。本発明の内視鏡対物レンズの場合、近軸マージナル光線は、レンズ系中常に光軸に対し同じ側にあり、 $h_i$ は常に正である。一方近軸主光線は、絞りの中心で光軸を横切るので $h_{o,i}$ は絞りの前後で符号が反転し、絞りより前では負、絞りより後ろでは正である。この $h_i$ と $h_{o,i}$ との符号を用いて算出した $\Delta SA_i$ 、 $\Delta CM_i$ 、 $\Delta AS_i$ の符号がそのまま非球面で発生する収差の符号になる。前群に非球面を設けて $\Delta AS_i$ を正にするためには、 $E_i' (n_i - 1 - n_i)$ を正にする必要がある。この時 $\Delta CM_i$ は負になってしまうため、残存コマ収差を非球面により一層悪化させることになり好ましくない。又後群に非球面を設ける場合、 $E_i' (n_i - 1 - n_i)$ が正であるとすれば $\Delta SA_i$ 、 $\Delta CM_i$ 、 $\Delta AS_i$ のいずれも正になり、非球面を設けない場合の残収差を夫々非球面で打ち消すことが出来る。